



高等院校城市地下空间工程专业“十二五”规划教材

# 城市地下空间工程 导论

CHENGSHI DIXIA KONGJIAN GONGCHENG  
DAOLUN

主编 曹平 王志伟  
主审 陈志龙



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn



高等院校城市地下空间工程专业“十二五”规划教材

# 城市地下空间工程 导论

主编 曹平 王志伟

主审 陈志龙

 中国水利水电出版社

## 内 容 提 要

本书是高等院校城市地下空间工程专业“十二五”规划教材之一。城市地下空间工程专业主要培养城市地下空间开发利用的规划、设计、研究、开发利用、施工等领域的技术和管理人才。城市地下空间工程导论是该专业的综合性、引导性课程,本书是快速了解城市地下空间工程专业的综合性教材,简要介绍城市地下空间开发利用政策与法规、城市地下空间规划、城市地下空间利用形态、城市地下工程结构设计、城市地下工程施工、城市地下空间工程监测、城市地下工程施工设备、城市地下空间环境控制和地下空间工程灾害防护与安全技术等方面的内容。根据各学校的教学计划安排,课时可以安排为8~24学时。

本书适用于城市地下空间工程专业的教学,以及城市地下铁道、地下隧道与管线、基础工程、地下商业与工业空间、地下储库等工程的设计、研究、施工、管理、投资、开发等部门从事技术或管理工作的人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

城市地下空间工程导论 / 曹平, 王志伟主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2013. 10  
高等院校城市地下空间工程专业“十二五”规划教材  
ISBN 978-7-5170-1299-3

I. ①城… II. ①曹… ②王… III. ①城市规划—地下工程—高等学校—教材 IV. ①TU94

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第236139号

书 名	高等院校城市地下空间工程专业“十二五”规划教材 <b>城市地下空间工程导论</b>
作 者	主编 曹平 王志伟 主审 陈志龙
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 15.5印张 368千字
版 次	2013年10月第1版 2013年10月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	<b>32.00元</b>

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

## 丛书编委会

主任：李夕兵 李术才  
副主任：陈国兴 唐礼忠 陈志龙 范留明 徐 颖  
          杨双锁 宋玉香  
委员：（按拼音排序）  
          陈海明 丁德馨 胡建华 蒋 刚 王 瑶  
          王志华 王志伟 徐洪钟 朱建明

## 编辑办公室

主任：李 亮  
成员：王志华 徐帮树 胡建华

## 本册编委会

主编：曹 平 王志伟  
副主编：徐帮树 郭金敏 林 杭 崔光耀 李地元  
          高 春  
参编：朱良成 张乐文 武 科  
主审：陈志龙



1991年在东京召开的地下空间国际学术会议通过的《东京宣言》指出：“二十一世纪是地下空间开发利用的世纪”。如何建设具有中国特色的资源节约型、环境友好型城市，以及具有高防灾减灾水平的城市，成为我国城市建设面临的重大问题。解决该问题的关键在于运用先进的城市规划理论，先进适用的科学技术进行城市的规划、建设和运营，必须充分开发利用城市地下空间。

城市地下空间工程专业是为适应我国城市建设的新特点而诞生的新兴专业，并将在解决“城市综合症”、改善城市综合条件，建设环境宜人、交通便捷、设施先进齐全的生态型城市，提升国家社会发展水平中发挥重要作用，把该专业办好、办出特色，对提高我国现代化城市建设水平有着重要的积极意义。

为了加快城市地下空间工程专业的建设与发展，至今已经连续三年举行了全国城市地下空间工程专业建设研讨会，围绕城市地下空间工程专业的办学经验、专业特色、人才培养模式、专业系列教材建设、毕业生就业去向等问题进行了广泛、深入的探讨与交流，参会高校代表普遍认为，鉴于设置城市地下空间专业的高校背景差异较大，涉及矿业、核能、交通、建筑、水利、铁路等不同行业，目前尚缺乏专门针对城市地下空间专业出版的合适教材，有必要针对该专业的内涵与特点，编写特色明显的高等院校城市地下空间专业系列核心课程教材。中国水利水电出版社组织部分城市地下空间工程专业的教授，对城市地下空间工程专业的教材建设进行研讨，并组织编写《高等院校城市地下空间工程专业“十二五”规划教材》。为了保证教材编写质量，组织成立了该系列教材编审委员会，汇集了全国设置城市地下空间工程专业或方向的学术带头人及学术骨干，具有广泛的代表性，并聘请了一批学术造诣深、工程经验丰富的专家作教材主审。首批即将出版的7本教材《城市地下空间工程导论》、《城市地下工程灾害与防护》、《城市地下空间规划》、《城市

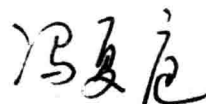
地下工程监测技术》、《岩石力学》、《地下工程施工技术》、《地下空间结构》，都是经过各高校代表广泛沟通、协商并达成共识，适应面较广、急需出版的教材，教材编写达到“学校优势互补，质量上乘”的目标。

该系列教材将于2013年10月起陆续出版。我相信，该系列教材的出版对我国城市地下空间工程专业的发展和教学质量的提高及人才培养必将起到重要的推动作用，为我国城市建设和社会发展作出重要贡献。对该系列教材的面世表示祝贺，并希望在编委会主任、副主任的指导下，各位作者能精益求精，写出更好、更多的特色优质教材。

国际岩石力学学会主席

中国岩石力学与工程学会主席

中国科学院武汉岩土力学研究所



2013年9月于武汉



# 前言

城市地下空间工程专业主要培养城市地下空间开发利用的规划、设计、研究、开发利用、施工等领域的技术和管理人才。城市地下空间工程导论是该专业的综合性、引导性课程。本书是高等院校城市地下空间工程专业“十二五”规划教材之一，是快速了解城市地下空间工程专业的综合性教材，书中介绍了城市地下空间开发利用政策与法规，城市地下空间规划，城市地下空间利用形态，城市地下工程结构设计，城市地下工程施工，城市地下空间工程监测，城市地下工程施工设备，城市地下空间环境控制，以及地下空间工程灾害防护与安全技术等方面的内容。根据各学校的教学计划安排，课时可以安排为8~24学时。

城市地下空间工程专业是根据我国城市发展趋势、新时期城市建设对人才的需要而设立的新专业，在充分利用资源与能源、提升国家经济与社会发展水平、改善城市综合条件和加快国家现代化建设等方面发挥了重要作用。近年来，大型建筑向地下的自然延伸发展到多功能地下综合设施，如地下街、地下城、地下市政设施，从单纯的交通设施、地下供水、排水管网发展到地下大型供排水系统、地下大型能源供应系统、地下大型污水处理系统、垃圾的地下处置系统和地下综合管线廊道，同时也出现了相当数量的地下图书馆、会展中心、体育馆、音乐厅、大型实验室、地下文化娱乐设施等大型地下公共建筑。地下空间的环境控制、防灾措施、安全设施以及运营管理水平都达到了较高水平。

城市地下空间工程是城市系统的具有独特性质的有机组成部分，具有独立的理论体系与技术体系，它不仅涉及一般土木工程的属性，而且更具有与地下特定的物理力学、人文心理、社会与生产功能等属性，涉及城市地理信息系统、城市规划系统工程学、城市地下建筑学、城市地下空间结构稳定理论与技术、城市地下工程施工技术、城市地下与地面一体化系统、地下环境科学、安全维护与运营管理学、投资经营管理学等领域。城市地下空间工程专业涉及面广，本书结合该专业本科生的培养要求，对其中的部分内容进行简要的综合介绍。

本书由中南大学曹平、哈尔滨学院王志伟担任主编。教材编写分工如下：

中南大学曹平编写第1、第9章，哈尔滨学院王志伟编写第2章，上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司朱良成、山东大学张乐文、武科编写第3章，中南大学李地元编写第4章，山东大学徐帮树编写第5章，中南大学林杭编写第6章，河南城建学院郭金敏编写第7章，北方工业大学崔光耀编写第8章，哈尔滨学院高春编写第10章。中南大学的李凯辉、陈瑞文、王琪、王涛，山东大学的张明伟、北方工业大学的吕志做了部分整理和文字工作。全书由曹平统稿。

本书内容丰富、涵盖面广、可读性强，适合城市地下空间工程专业本科教学使用，可供土木工程、水利工程、铁道工程、矿山工程、国防工程等专业使用和参考，也可供城市地下空间工程、市政工程等领域的规划、设计、施工和管理的工程技术人员使用和参考。

由于编者水平所限，书中不当之处恳请读者和各方面专家批评指正。

**编者**

2013年6月



# 目 录

序

前言

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 城市地下空间工程的概念、范畴及特征 .....	1
1.2 地下空间利用的发展历史与现状 .....	1
1.3 城市地下空间工程专业的兴起与建设 .....	5
1.4 城市地下空间发展的趋势与展望 .....	8
1.5 本书内容及其特点简介 .....	9
本章思考题 .....	10
<b>第 2 章 城市地下空间开发利用政策与法规</b> .....	11
2.1 概述 .....	11
2.2 城市地下空间开发利用的政策法规研究 .....	12
2.3 我国地下空间开发利用的法律体系与主要内容 .....	15
2.4 地下空间开发利用的现行政策法规概况 .....	18
2.5 城市地下空间建设的标准体系研究 .....	20
2.6 地下空间开发利用的风险及灾害应急机制 .....	25
本章思考题 .....	28
<b>第 3 章 城市地下空间规划</b> .....	30
3.1 概述 .....	30
3.2 城市地下空间的规划理论 .....	31
3.3 城市地下空间规划的编制任务与内容 .....	37
3.4 城市地下空间规划的主要编制方法 .....	40
3.5 城市地下空间规划的管理 .....	50
本章思考题 .....	56
<b>第 4 章 城市地下空间利用形态</b> .....	57
4.1 概述 .....	57
4.2 地下轨道交通 .....	58
4.3 地下快速交通 .....	64
4.4 地下停车场 .....	65
4.5 地下商业街 .....	69

4.6	地下管网 .....	71
4.7	地下储藏硐室 .....	74
4.8	地下人防工程 .....	80
	本章思考题 .....	81
<b>第5章</b>	<b>城市地下工程结构设计 .....</b>	<b>82</b>
5.1	概述 .....	82
5.2	城市地下空间结构分类 .....	83
5.3	城市地下空间结构设计 .....	86
5.4	城市地下空间结构计算 .....	88
5.5	城市地下空间结构荷载 .....	98
5.6	地下工程结构设计的发展现状与展望 .....	99
	本章思考题 .....	99
<b>第6章</b>	<b>城市地下工程施工 .....</b>	<b>101</b>
6.1	概述 .....	101
6.2	地下工程施工的基本内容 .....	101
6.3	地下工程施工方法 .....	102
6.4	地下工程施工实例 .....	123
	本章思考题 .....	127
<b>第7章</b>	<b>城市地下空间工程监测 .....</b>	<b>128</b>
7.1	概述 .....	128
7.2	城市地下空间工程监测方法 .....	130
7.3	施工监控信息反馈技术 .....	147
	本章思考题 .....	151
<b>第8章</b>	<b>城市地下工程施工设备 .....</b>	<b>152</b>
8.1	概述 .....	152
8.2	明挖法主要设备 .....	152
8.3	钻爆法施工设备 .....	159
8.4	机械掘进法施工设备 .....	166
8.5	盾构法施工设备 .....	170
	本章思考题 .....	181
<b>第9章</b>	<b>城市地下空间环境控制 .....</b>	<b>182</b>
9.1	概述 .....	182
9.2	城市地下空间环境质量评价标准 .....	183
9.3	城市地下空间通风空调系统 .....	190
9.4	城市地下空间噪声控制技术 .....	197
9.5	城市地下空间采光及照明设计技术 .....	200

9.6 城市地下空间节能控制与能量管理系统 .....	208
本章思考题 .....	211
<b>第10章 地下空间工程灾害防护与安全技术 .....</b>	<b>212</b>
10.1 概述 .....	212
10.2 灾害风险分析与评价 .....	212
10.3 地下工程自然灾害与防护 .....	214
10.4 地下空间工程事故与防治措施 .....	226
10.5 战争灾害 .....	229
本章思考题 .....	232
参考文献 .....	233

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 城市地下空间工程的概念、范畴及特征

城市地下空间是指城市规划区内地表以下的空间。城市地下空间工程是指在城市地下空间的土体或岩体中修建各种类型的地下建筑物或结构物的工程，它是一门涉及范围广泛的综合性学科，是实现高效、文明、舒适和安全的现代化城市的重要组成部分。城市地下空间工程一般包括：①交通运输方面的地下铁道、公路隧道、地下快车道；②城市基础设施，如地下的过街通道、地下的停车场、综合管廊（共同沟）等；③商业地产工程如地下商业街、购物广场、娱乐广场；④工业与民用方面的各种地下制作车间、电站、各种车库；⑤人防市政地下工程；⑥文化、体育、娱乐与生活等方面的联合建筑体。

地下空间具有以下特征：①具有良好的热稳定性和密闭性；②具有良好的抗灾和防护性，能满足重点设防城市的基本战备要求，良好的防护性能可免遭或减轻包括核武器在内的空袭、炮轰、爆破的破坏，也能较有效地抗御地震、飓风等自然灾害以及火灾、爆炸等人为灾害；③施工条件较复杂，通常，地下建筑的造价要比同类地面建筑高出 1~3 倍，且建设周期较长，施工较复杂；④一旦开发就很难改变，是一种不可再生的自然资源。

## 1.2 地下空间利用的发展历史与现状

### 1.2.1 地下空间发展历史

人类对地下空间的利用是与人类文明史相呼应的，经历了一个从自发到自觉的过程。推动这一过程的原因：一是人类自身的发展如人口的繁衍和智能的提高，二是社会生产力的发展和科学技术的进步。从历史的角度可以将人类对地下空间的利用史划分为四个时代。

第一时代：从人类出现到公元前 3000 年的远古时期。人类利用天然洞穴作为居住处所。考古学家发现距今 3 万年前被称为“新洞人”和“山顶洞人”的两种古人类居住地址，就在北京周口店龙骨山自然条件较好的天然岩洞中。黄河流域已发现公元前 8000~前 3000 年的洞穴遗址 7000 余处，其中最早的是河南新郑裴李岗及河北武安磁山的窑址和窑穴。中国古代文献也有记载如《易·系辞》谓“上古穴居而野处”，《礼记·礼运》谓“昔者先王未有宫室，冬则居营窟夏则居曾巢”，宋代郑刚中《西征道呈记》描述了北宋末年陕西境内有长达数里、曲折复杂的窑洞。在日本、欧洲、美洲、西亚、中东、北非等地也都发现了古人类居住洞穴。在我国河南、陕西、山西、甘肃等省的黄土地区，土壤具有含水少、湿度不大、冬暖夏凉、施工便利等一系列优越性，人们为了适应地质、地形、气候和经济条件建造了各种窑洞式住宅，如图 1-1 所示。目前仍约有 3500 万~4000 万人

居住在窑洞中，其中以豫西的河南荥阳至澠池一带较为典型。

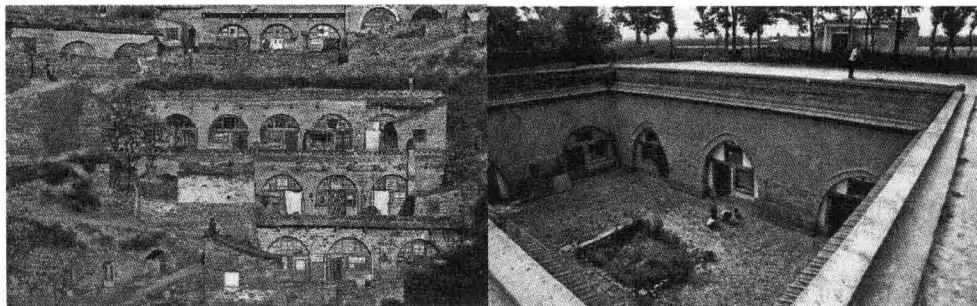


图 1-1 西北黄土高原窑洞

第二时代：从公元前 3000 年至 5 世纪的古代时期。公元前 3000 年以后世界进入了铜器和铁器时代，劳动工具的进步和生产关系的改变导致生产力有很大发展，出现了古埃及、希腊、罗马及古代中国的高度文明。人类对地下空间的利用从单纯的居住进入了更广的领域。埃及金字塔、巴比伦幼发拉底河引水隧道均为这一时代的建筑典范。

第三时代：从 5 世纪至 14 世纪中世纪时期。欧洲在中世纪经历了封建社会最黑暗的千年文化低潮，地下空间的开发利用也基本上处于停滞状态。在这一时期我国地下空间的开发多用于建造陵墓和满足宗教建筑的一些特殊要求，用于屯兵和储粮的地下空间也有建造。隋朝（7 世纪）在洛阳东北建造了面积达  $600\text{m} \times 700\text{m}$  的近 200 个地下粮仓，其中第 160 号仓直径 11m，深 11m，容量  $445\text{m}^3$ ，可存粮 2500~3000t。自 4 世纪中叶佛教传入我国后相继建成著名的云冈石窟、龙门石窟（北魏）、敦煌莫高窟（从北魏到隋、唐、宋、元各朝）以及甘肃麦积山石窟和河北邯郸响堂山石窟（北齐）等，这些石窟岩洞形成了大型的雕刻艺术空间。

第四时代：从 15 世纪开始的近代和现代。从 15 世纪开始欧洲出现文艺复兴产业革命、科学技术开始走在世界的前列，地下建筑工程迅速发展。1613 年建成伦敦地下水道，1863 年伦敦建成世界第一条城市地下铁道，1900 年国际博览会时巴黎第一条地铁线路正式起用，然后地下系统扩展成一个巨大的城市网络。使用地铁的人次从第一年的 5500 万增长到 1913 年的 4.5 亿。各类地下电站也迅速增长，其中地下水力发电站的数目全世界已超过 400 座，其发电量达 45 亿 W 以上。原苏联的罗戈水电站，土石方量  $510\text{万 m}^3$ ，混凝土用量  $160\text{万 m}^3$ ，开凿的隧道、洞室 294 个，总长度达 62km。我国在十分薄弱的基础上开始了地下水电站建设，经过最近半个多世纪的发展，电站的规模和技术水平都有很大的跨越，取得了巨大成就。据统计，80 年代建设的坝高超过 100m 的 8 座水电站中，采用地下厂房布置的有 2 座，装机容量都超过 50 万 kW。20 世纪 90 年代开始了以黄河小浪底和长江三峡工程为标志的向大江大河进军的水电发展新时期，先后上了一批高坝大库项目。

### 1.2.2 国外地下空间的利用现状

近年来，随着城市可持续发展需要的增加和科技技术的巨大进步，地下空间的理念越来越被更多的国家认可和实施。国际上把 21 世纪作为“人类开发利用地下空间的年代”。美国、瑞典、挪威、加拿大、芬兰、日本和前苏联国家在城市地下空间开发利用领

域已经到达相当规模的水平。

### 1. 北美

美国有数百个覆土住区，一些大学图书馆、办公建筑以及农业仓储空间设置在地下。如美国明尼阿波利斯市南部商业中心的地下公共图书馆。哈佛大学、加州大学伯克利分校、密歇根大学、伊利诺伊大学等处的地下、半地下图书馆较好地解决了与原馆的联系，并保存了校园的原有面貌。这种现象首先开始于 20 世纪 70 年代，适逢能源危机之时，它由关注环境而引发主要关注覆土建筑的发展，建筑被大约 2~3m 厚的土层覆盖，目的是创造有效的绝热。其中一个最普遍的利用地下空间的用途是覆土类居所以及一些其他用途。非居住的地下空间利用的发展重点放在商业、仓储、办公、停车以及宗教、娱乐和农业设施等方面。

加拿大的多伦多地下步行道系统在上世纪 70 年代已有 4 个街区宽，9 个街区长，在地下连接了 20 座停车库、很多旅馆、电影院。目前，这个入口处标有彩色的“PATH”标志的地下城，入口遍及市中心金融区的街道各处，长达 27km 的通道连接起伊顿购物中心（Eaton Centre）和联合火车站（Union Station），内有 1200 多家商店，还有餐厅和美容院等众多设施。此外该地下城还连接着市政厅、联邦火车站、证券交易所、5 个地铁站和 30 座高层建筑的地下室，如图 1-2 所示。北美几个城市的地下步行道系统说明，在大城市的中心区建设地下步行道系统，可以改善交通、节省用地、改善环境，保证了恶劣气候下城市的繁荣，同时也为城市防灾提供了条件。

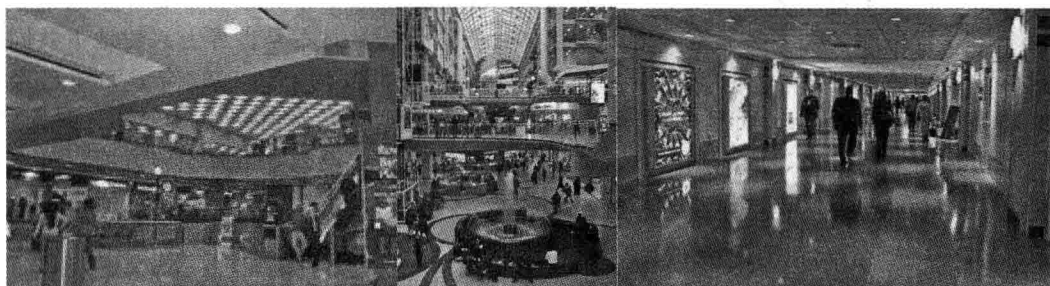


图 1-2 加拿大的多伦多地下城内景

### 2. 欧洲

北欧地质条件良好，是地下空间开发利用的先进地区，特别是在市政设施和公共建筑方面。负担瑞典南部地区供水的大型系统全部在地下，埋深 30~90m，隧道长 80km，靠重力自流。芬兰赫尔辛基的大型供水系统，隧道长 120km，过滤等处理设施全在地下。挪威的大型地下供水系统，其水源也实现地下化，在岩层中建造大型贮水库，既节省土地又减少水的蒸发损失。瑞典的大型地下排水系统，无论在数量上还是处理率上，在世界上处于领先地位，瑞典排水系统的污水处理厂全在地下，仅斯德哥尔摩市就有大型排水隧道 200km。拥有大型污水处理厂 6 座，处理率为 100%，在其他一些中、小城市，也都有地下污水处理厂，不但保护了城市水源，还使波罗的海免遭污染。

莫斯科地铁是世界上规模最大的地铁之一，它一直被公认为世界上最漂亮的地铁，享有“地下的艺术殿堂”之美称。地铁站除根据民族特点建造外，还以名人、历史事迹、政

治事件为主题而建造,地铁站的建筑设计各异、华丽典雅。莫斯科地铁系统相当发达,是世界上客运量最高的城市,每年达26亿人次,在多达四条线路相汇处,乘客可以最少的时间达到换乘的目的。此外俄罗斯的地下共同沟也相当发达,莫斯科地下有130km的共同沟,除煤气管外,各种管线均有,只是截面较小(3m×2m),内部通风条件也较差。

著名的“大卢浮宫计划”在无扩建用地、原有建筑必须保持的情况下,设计者美籍华人贝聿铭先生利用拿破仑广场下的地下空间容纳了全部扩建内容,成功对古典建筑进行了现代化改造,整个地下空间深14m,地下3层面积73万m<sup>2</sup>,主要包括:入口大厅、剧场、餐厅、商场、文物仓库及可容纳600辆小汽车、80辆大巴的地下停车场。

瑞士的军事设施包括地下通讯中心、地下档案馆、地下储油和其他避难设施,它们不仅能起到防护的用途,同时也很好地满足了社区的生活需要。世界各国还修建了大量的地下贮藏库,其建造技术得到不断革新。欧洲多国将在未来15年内建设一批地下深层储存库,用来“永久”埋藏高放射性核废料。这些国家包括法国、瑞典和芬兰,而瑞士和英国也准备效仿此举。

### 3. 日本

日本在20世纪30年代就开始建设地下商业街,1957年东京第一条商业街建成。目前在26座城市构筑了146条地下街及商业用途的建筑地下空间,面积已达150万m<sup>2</sup>。日本新宿地下街规模宏大,全长6790m,两侧的地下商场与地面建筑相连并通过地下步行道与其他的4个地下街联系起来,可以说是20世纪利用地下空间的优秀杰作。除商业设施外其他的公共设施也相继转入地下,如公共图书馆和大学图书馆、会议中心、展览中心以及体育馆、音乐厅、大型实验室等地下文化体育教育设施。日本是世界上兴建地下共同沟数量居于前列的国家之一。1926年,日本开始建设地下共同沟,到1992年,日本已经拥有共同沟长度约310km,而且在不断增长过程中。在地下高速道路、停车场、共同沟、排洪与蓄水的地下河川、地下热电站、蓄水的融雪槽和防灾设施等市政设施方面,日本充分发挥了地下空间的作用。

### 1.2.3 中国地下空间利用现状

我国城市地下空间大规模开发利用始于20世纪60年代后期的人防工程。大规模兴建人防工程主要的出发点是备战,而且几乎所有的地下工程都按“三防”要求建设,都是“防护空间”。与美国和欧洲各大城市相比,中国的地下空间发展大约滞后100年甚至更久。目前我国是世界城市地下空间开发利用的大国,特大城市地下空间开发利用的总体规模和发展速度已居世界同类城市的先进行列。

目前,我国内地已有北京、上海、天津、重庆、广州、深圳、武汉、南京、沈阳、长春、大连、成都、西安、昆明、苏州、杭州和佛山等城市累计开通64条城市轨道交通运营线路(含地铁、轻轨线路,不含磁浮),运营车站1291座,运营总里程2008km,其中北京442km、上海435km、广州222km、深圳176km、重庆131km、天津131km。目前北京全市轨道交通路网的日客运量已经突破1000万人次。

我国香港地铁(Mass Transit Railway,简称MTR)是香港的城市轨道交通系统,由地铁有限公司(MTR Corporation Limited)营运。自1979年开通以来,香港地铁已经发展成有8条路线,全长90.9km的铁路系统网络。系统共有52个车站,其中14个为转车

站。台北捷运即地铁，台北的捷运系统在 20 世纪 90 年代初期开始规划建设，1996 年第一条捷运线正式通车。目前共有 6 条线路，总长度 67.2km，平均每日的载客量达到 95 万人次。

除地铁外，北京、上海、天津、广州、深圳、南京、青岛、无锡等诸多经济强市已经建立了大量的人防工事、地下商场和地下停车场、高层建筑地下室和少部分市政管线廊道（共同沟）、地下排洪沟等，并且仍在不断地扩大和完善地下空间系统。规模较大的有：上海人民广场地下商城、上海徐家汇地下商业街、北京西单地下商城等一批工程。目前各大城市都在规划建设大型的地下建筑综合体以拓展城市空间容量，解决城市面临的诸多问题。我国大陆地区于 1958 年在北京天安门广场下建设了第一条共同沟之后，共同沟的建设一直没有得到有力地推动。总结国内外共同沟建设的发展经历，制约我国共同沟建设的因素主要有三个：一是没有相应的法律法规，限制了共同沟在我国的快速发展；二是共同沟前期的建设成本较高，限制了共同沟的广泛应用；三是我国目前市政基础设施的管理与运营机制为各自为政的模式，而共同沟则需要统一管理、统一运营，两者之间形成了矛盾，限制了共同沟的发展。

尽管我国目前的地下空间利用有了发展，但也应该看到我们的工程“含金量”并不是很高。和西方发达国家相比，我们对地下空间的利用水平还相对落后。国外地下空间利用发展的主要趋势是综合化，而我国的建设往往显得形式单一，利用率不高。我国城市地下建筑空间主要存在以下一些问题。

#### 1. 缺乏长期、综合规划

国外大城市的地下空间开发一般是结合城市交通和基础设施的改造起步，而我国则由于历史原因，城市地下开发的主体始于人防工程，建设形成了相对独立的体系并且长时期内没有纳入城市的总体规划。再加上地下空间规划编制没有相应的规范和标准，在中国城市规划领域，地下空间规划仍然属于一个新兴课题，其发展历程并不长。所以，到目前为止，中国仍然还没有颁布任何国家性质的地下空间规划编制规范和技术标准。这就造成了缺乏统一的规划，在功能上比较单一，空间形态呈分散、点状和浅层布局等一系列问题。各院所及相关地下空间研究机构对于城市在地下空间规划的编制深度、阶段把握、技术方法等方面还处于各自摸索阶段，也未统一。

#### 2. 空间环境差、缺乏人性化设计

首先外部空间形象单调不具艺术魅力。外观缺乏统一的形象、出入口不明显、地上显现物布置分散等等不利于人们识别和对空间内部布局的整体把握。从外部空间进入地下空间时缺乏过渡空间的处理，没有很好地考虑到人的心理因素加剧了人们的恐惧心理。其次多数地下人防空间尺度小而封闭通风差、自然光线不足、湿度大、空气污浊、环境恶劣不适宜长期的工作与生活。内部空间可识别性差、缺少与外界的联系，从而极易使人迷失方向造成人们的情绪不稳定和恐惧。

## 1.3 城市地下空间工程专业的兴起与建设

### 1.3.1 我国城市地下空间工程具有巨大的发展前景

在城市发展的诸多矛盾中，最突出的矛盾是人口的增长。在上世纪初，世界人口仅有



18亿, 1987年已经达到了50亿, 1999年世界人口上升到60亿。2011年全球第70亿个宝宝降生, 预计2050年时将突破100亿。与此同时居住在城市的人口增长更快, 特别在发展中国家, 人口增长速度平均为2%以上, 而城市人口的年增长速度为4%, 相差约一倍。以此推算, 到2025年, 发展中国家人口将为77.7亿, 其中城市人口为56.8亿, 城市化水平将上升到73%。为了现有城市用地状况的改善, 需要扩大用地近60万 $\text{km}^2$ , 在耕地以每年700万~900万亩的速度减少的情况下, 这样的扩大城市用地显然是不合理的。因此, 不论是为了现有城市状况的改善, 还是为了未来的发展, 城市化都不是仅仅依靠扩大城市用地来实现, 而必须寻求新的途径, 做到既扩大城市空间, 又不多占用土地; 既节约资源, 又能使城市生活现代化; 既保持城市传统风格, 又充分利用新技术革命的成果。

开发利用城市地下空间是对目前城市问题的富有远见的一种解决方案。首先, 在原有基础上发展新技术要比开发宇宙技术和海上技术容易得多; 其次, 开发陆地以下地下空间的最大优势在于不脱离原来的土地和原有的城市, 地下空间可与城市上部空间得到协调的发展。

地铁建设方面, 借鉴发达国家的发展经验, 人均GDP达到2000美元之后, 就具备利用城市地下空间的能力和条件。根据国务院批准地铁建设的基本要求, 目前全国有近50个城市可以建设地铁, 我国地下空间工程建设未来发展有着巨大潜力。到2015年, 全国地铁运营里程将达到3000km, 2020年将有40个城市建设地铁, 总规划里程7000km, 是目前总里程的4.3倍。与此同时, 中国城市轨道交通领域的相关装备企业也步入了发展的黄金时期。中国已成为世界最大的城市轨道交通建设市场, 可见城市地下空间建设的发展空间和市场非常巨大, 将吸引大量的资金和人力资源投入。

地下综合体建设和共同沟建设方面, 我国各大城市都开始广泛兴建地下综合体, 高效的把地下交通枢纽同地下商场、步行街等商业设施结合起来。既方便了大众又充分利用了城市空间。近年来, 国内许多城市都在积极创造条件规划建设共同沟, 建成的共同沟主要分布在上海、广州、北京等大城市, 其中规模最大的当属广州大学城共同沟, 长达17.4km。目前我国共同沟系统还处于发展初期, 一些相关的法规和政策还有待完善。随着政府对地下空间开发利用的重视, 共同沟的发展将在各城市兴起。将共同沟系统网络与城市道路、地铁网络进行统筹规划与建设, 将成为城市发展与升级的重要契机。

在今后很长的历史时期内, 地下空间的开发利用都将成为与人类社会生活密不可分的内容, 成为城市发展和建设的有机组成部分。现代地下空间利用越来越呈现多样化, 地下空间不会只局限于仓库、车库和基础设施, 大量的实际优势带来的一些其他建筑类, 如地下学校、图书馆、购物中心、交通系统、艺术馆和防御掩蔽等, 正在为人类开拓新的生存空间的努力中发挥重要作用, 有着广阔的发展前景。

### 1.3.2 城市地下空间工程专业人才紧缺

根据前面所述, 城市地下空间工程可以突破城市可持续发展面临的困境, 城市地下空间建设的发展空间和市场是非常巨大的, 将吸引大量的资金和人力资源投入, 而城市地下空间工程专业是根据我国城市发展的趋势和当前以地铁为代表的城市地下工程人才匮乏的实际情况而设立的新专业, 随着中国进入第三波地铁建设高潮, 城市现代化建设急需大量